

527188

Rec'd T/PTO 10 MAR 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. März 2004 (25.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/025873 A2**(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04B 7/02**(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/010063

(22) Internationales Anmeldedatum:  
10. September 2003 (10.09.2003)(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 41 959.0 10. September 2002 (10.09.2002) DE(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **ROHLING, Hermann** [DE/DE]; Eissendorferstr. 40, 21073 Hamburg (DE). **LAMPE, Matthias** [DE/DE]; Eissendorfer Str. 171, 21073 Hamburg (DE). **GIEBEL, Tobias** [DE/DE]; Woellmerstr. 7, 21075 Hamburg (DE). **SCHULZ, Egon** [DE/DE]; Wittenberger Str. 3, 80993 München (DE). **ZIRWAS, Wolfgang** [DE/DE]; Mittenwalder Str. 136, 82194 Gröbenzell (DE).

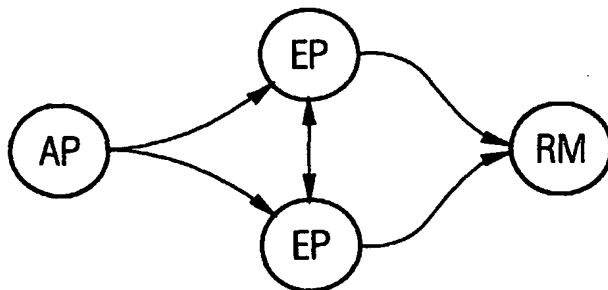
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR TRANSMITTING SIGNALS IN A RADIO COMMUNICATION SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SIGNALÜBERTRAGUNG IN EINEM FUNK-KOMMUNIKATIONSSYSTEM



(57) Abstract: According to the invention, signals from a transmitting first radio station (AP) are transmitted to a receiving second radio station (RM, MN) via at least two intermediate stations (EP). Signalling of the configuration of the emission to the receiving second radio station (RM, MN) is carried out between the at least two intermediate stations (EP).

(57) Zusammenfassung: Gemäss der Erfindung werden Signale einer sendenden ersten Funkstation (AP) über zumindest zwei Zwischenstationen (EP) zu einer empfangenden zweiten Funkstation (RM, MN) übertragen, wobei zwischen den zumindest zwei Zwischenstationen (EP) eine Signalisierung zur

Konfiguration der Aussendung zu der empfangenden zweiten Funkstation (RM, MN) durchgeführt wird.

WO 2004/025873 A2

## Beschreibung

Verfahren zur Signalübertragung in einem Funk-Kommunikations-  
system

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Signalübertragung in  
einem Funk-Kommunikationssystem.

10 Bekannte Adhoc-Netze weisen in der Regel eine im Vergleich zu  
bekannten Mobilfunksystemen schlechtere Performance auf. Dies  
ist vor allem dadurch bedingt, dass bei einer Datenübertra-  
gung über eine größere Anzahl von so genannten Multihop-  
Stationen die genutzten Frequenzen in einem bestimmten Um-  
kreis dieser Stationen nicht nochmals genutzt werden können.  
15 Diese unkoordinierte Nutzung von Übertragungsressourcen führt  
nachteilig zu einem stark ortsabhängigen Datendurchsatz.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, bekannte Adhoc-Netze vor-  
teilhaft zur effizienteren Übertragung über große Entfernun-  
20 gen auszugestalten. Diese Aufgabe wird durch das Verfahren  
gemäß unabhängigem Patentanspruch 1 gelöst. Weiterbildungen  
der Erfindung sind Gegenstand abhängiger Patentansprüche.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren und Einrichtungen zur Durch-  
führung des Verfahrens werden nachfolgend anhand von Ausführ-  
ungsbeispielen, die auf die Figuren Bezug nehmen, näher er-  
läutert.

Dabei zeigen

30

FIG 1 ein MHSFN System mit zwei Hops und zwei Zwischen-  
stationen,

FIG 2 eine Übersicht über verschiedene Realis-  
sierungsmöglichkeiten von MHSFN-Systemen,

35 FIG 3 ein Two Hop SFN System mit Zwischenstationen,

- FIG 4 eine Beschreibung von Übertragungskanälen,  
FIG 5 eine Zielfunktion für zwei Zwischenstationen,  
FIG 6 eine weitere Zielfunktion,  
FIG 7 ein Three Hop SFN System mit Zwischenstationen,  
5 FIG 8 ein Clustern von jeweils mehreren Zwischenstationen, und  
FIG 9 eine beispielhafte Anwendung eines verteilten Antennenkonzeptes in einem Adhoc-Netzwerk.
- 10 Beschrieben werden Verfahren zur Signalverarbeitung und zur Signalisierung bei der Datenübertragung in einem so genannten Mehrfach-Sprung- (MH - Multi-Hop) und Gleichwellen- (SFN - Single Frequency Network) Funk-Kommunikationssystem. SFNs sind beispielsweise aus Rundfunksystemen wie DVB-T (Digital  
15 Video Broadcasting-Terrestrial) oder DAB (Digital Audio Broadcasting) bekannt, bei denen ein größeres Gebiet durch mehrere Basisstationen unter Nutzung von gleichen Übertragungsfrequenzen versorgt wird.
- 20 1. Beschreibung des Systems
- Betrachtet wird ein Funk-Kommunikationssystem bestehend aus einer sendenden Funkstation, einer empfangenden Funkstation und keiner, einer oder mehreren Zwischenstationen.
- 25 In einem derartigen System werden Signale, beispielsweise Datensignale, entweder direkt von der sendenden Funkstation zur empfangenden Funkstation oder über eine oder mehrere Zwischenstationen übertragen. Dabei kann eine Zwischenstation (EP - Extension Point) die von der sendenden Funkstation (AP  
30 - Access Point) gesendeten Signale direkt oder indirekt über weitere Zwischenstationen zu der empfangenden Funkstation (MT - Mobile Terminal) weiterleiten. Die Weiterleitung über mehrere Stationen wird auch als Multi-Hop (MH) bezeichnet. Weiterhin können mehrere Zwischenstationen gleichzeitig dasselbe  
35 Signal bzw. dieselben Daten empfangen und gemeinsam, d.h.

gleichzeitig und auf der gleichen Frequenz, mit Hilfe eines SFN direkt zu der empfangenden Funkstation oder weiteren Zwischenstationen senden.

5 Dieses System wird nachfolgend als Mehrfach-Sprung-Gleichwellen-Netz (MHSFN - Multi-Hop Single Frequency Network) bezeichnet. In der FIG 1 ist beispielhaft ein MHSFN mit einer sendenden Funkstation AP, zwei Hops über zwei Zwischenstationen EP und einer empfangenden Funkstation RM dargestellt. Dabei befinden sich die beiden beispielhaft dargestellten Zwischenstationen EP innerhalb der Übertragungsbereichsweite der sendenden Funkstation AP, die in einem ersten Schritt Daten, die für die empfangende, außerhalb der Übertragungsbereichsweite der sendenden Funkstation AP befindliche empfangende Funkstation RM vorgesehen sind, zu den Zwischenstationen EP sendet. In einem zweiten Schritt senden die Zwischenstationen EP gleichzeitig und auf der gleichen Frequenz die Daten zu der empfangenden Funkstation RM weiter. Eine Synchronisation der Zwischenstationen kann beispielsweise durch die sendende Funkstation erfolgen, wodurch vorteilhaft eine Phasenvorentzerrung am Ort der Zwischenstationen durchgeführt werden kann, um konstruktive Überlagerungen der Signale am Ort der empfangenden Funkstation sicherzustellen. Vorteilhaft wird durch ein derartiges Gleichwellennetz weiterhin die Übertragungsbereichsweite durch ein erzielbares größeres Signal-zu-Rausch-Verhältnis erhöht sowie der Einfluss von Abschattungseffekten verringert. Weiterhin wird die Übertragungssicherheit erhöht, da auch bei einem Abschalten einer der Zwischenstationen - beispielsweise durch den Nutzer - die Datenübertragung zu der empfangenden Funkstation durch weitere aktiv weiterleitende Zwischenstationen sichergestellt wird.

1.1 Signalverarbeitung und Signalisierung in einem MHSFN-System

In einem MHSFN-System können in den Zwischenstationen ES vorteilhaft Signalverarbeitungsverfahren, wie beispielsweise Vorverzerrungs- oder Entzerrungsprozeduren, eingesetzt werden. Um die Leistung dieser Prozeduren zu erhöhen, können zu-  
dem Kenngrößen durch eine Signalisierung zwischen den Funkstationen AP und/oder RM und den Zwischenstationen EP ausgetauscht werden. Mit diesen Informationen können beispielsweise Gewichtungsfaktoren in jeder Zwischenstation vor der Weiterleitung zu der empfangenden Funkstation bestimmt werden, wodurch vorteilhaft ein höheres Signal-zu-Rausch-Verhältnis am Ort der empfangenden Funkstation erzielt wird. Im Vergleich zu einer einfachen Phasenvorverzerrung ohne Berücksichtigung von Kenngrößen kann hierdurch ein Gewinn erzielt werden, da Verbindungen mit niedrigen Signal-zu-Rausch-Verhältnis-Werten die Empfangssignale an der empfangenden Funkstation nicht stören.

Dabei sind grundsätzlich drei Signalverarbeitungs- bzw. Signalisierungskonzepte unterscheidbar.

Ein erster Ansatz einer weitgehend optimalen Signalverarbeitung basiert auf einer Kenntnis aller Empfangssymbole und Kanaleigenschaften. Dieses im folgenden als MIMO (Multiple Input Multiple Output) Forwarding bezeichnete Konzept ist jedoch mit einem sehr hohen Signalisierungsaufwand verbunden.

Der zweite Ansatz der Signalverarbeitung basiert auf lediglich der Kenntnis der Kanaleigenschaften. Von den Empfangssymbolen werden lediglich statistische Kenngrößen als bekannt vorausgesetzt. Bei diesem Ansatz werden Informationen über den Kanalzustand zwischen den Stationen ausgetauscht. Eine Aktualisierung dieser Informationen ist dabei beispielsweise nur bei signifikanter Änderung der Kanaleigenschaften erforderlich, welches vorteilhaft zu einem reduzierten Signalisie-

rungsaufwand führt. Dieses Konzept wird im folgenden als Adapted SFN Forwarding bezeichnet.

Der dritte Ansatz ist signalisierungsfrei. Die Signalverarbeitung basiert ausschließlich auf den in der jeweiligen Station bzw. Zwischenstation vorliegenden Informationen oder Kenngrößen des MHSFN System, wie beispielsweise Kanaldämpfung und/oder Kanalrauschen. Zusätzliche Informationen weiterer oder aller Zwischenstation sind nicht bekannt. Dieses Konzept wird im folgenden als Blind SFN Forwarding bezeichnet.

Durch eine gezielte Signalverarbeitung bzw. durch spezielle Vorverzerrungs- und/oder Entzerrungsprozeduren in den Zwischenstationen kann beispielsweise vorteilhaft eine konstruktive Überlagerung (Superposition) der Signale am Ort der empfangenden Funkstation erzielt werden. Um eine derartige phasenrichtige Überlagerung der Signale am Empfänger zu erzielen, müssen jedoch bei der Signalverarbeitung genaue Kenntnisse über den erwarteten Übertragungskanal vorliegen und berücksichtigt werden. Hierbei kann gegebenenfalls auf reziproke Eigenschaften des Funkkanals zurückgegriffen werden, die Rückschlüsse auf das Verhalten des Funkkanals anhand von empfangenen Signalen ermöglichen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich der analoge Übertragungskanal aus dem Funkkanal und dem so genannten analogen Sende- bzw. Empfangs-Fond End zusammensetzt. Während die Reziprozität des Funkkanals in hinreichendem Maße gegeben ist, kann sich das Übertragungsverhalten des Sende- vom Empfangs- Fond End insbesondere im Phasengang stark unterscheiden. Damit kann nur unter Berücksichtigung dieses Unterschiedes eine phasenrichtige Voraussage des Übertragungskanals durchgeführt werden.

Im folgenden werden zwei Typen von Stationen (Terminals) unterschieden:

- Terminals, die über eine phasenrichtige Voraussage des Übertragungskanals verfügen, und
- Terminals, die nicht über eine phasenrichtige Voraussage des Übertragungskanals verfügen.

5

In der FIG 2 ist eine Übersicht über die verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten der MHSFN Systeme gegeben. Neben den vorangehend genannten Konzepten sind weiterhin auch Kombinationen dieser Realisierungen möglich.

10

Abhängig von dem Typ der verwendeten Terminals und Signalisierungskonzept sind unterschiedliche Signalverarbeitungsalgorithmen vorteilhaft einsetzbar. Nachfolgend werden verschiedene Techniken der Signalverarbeitung sowie Vorverzerrungs- und/oder Entzerrungsverfahren anhand von Beispielen beschrieben.

15

## 2. Beispiele

20

Zur Verdeutlichung der vorangehend genannten Systemkonzepte werden im Folgenden beispielhafte Systemrealisierungen beschrieben.

25

Als Basis für die folgenden Beispiele wird ein bekanntes OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) Übertragungssystem sowie eine Sendeleistungsbegrenzung jedes einzelnen Subträgers mittels einer Spektrumsmaske vorausgesetzt. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht auf diese Randbedingungen beschränkt, sondern in gleicher Weise in Systemen mit unterschiedlichen Randbedingungen einsetzbar.

30

Die genannten beispielhaften Randbedingungen ermöglichen eine separate und unabhängige Untersuchung eines einzelnen Subträgers, wodurch die Übertragungsperformance jedes Subträgers vorteilhaft unabhängig von anderen Subträgern des OFDM Systems analysiert und optimiert werden kann.

35

## 2.1 Two Hop SFN (Zwei-Sprung-Gleichwellennetzwerk)

FIG 3 zeigt ein so genanntes Two Hop SFN System mit zwei Zwischenstationen EP.

5

Die nachfolgend beschriebenen Verfahren dienen einer Optimierung der Übertragungsperformance. Hierzu wird beispielsweise das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR - Signal to Noise Ratio) jedes Subträgers am Empfänger  $SNR_{SFN}$  maximiert. Weiterhin

10

werden Signalisierungsprotokolle beschrieben, die eine derartige optimale Weiterleitung unterstützen.

Zur analytischen Beschreibung wird gemäß FIG 4 eine Nomenklatur für die Beschreibung der Übertragungskanäle festgelegt.

15

Sie beschreibt Übertragungsfaktoren und Rauschterme für einen Subträger.

Mit  $H_{1k}$  wird der Übertragungsfaktor von der sendenden Funkstation zu der Zwischenstation EP Nummer  $k$  bezeichnet. Das

20

Signal  $n_{1k}$  beschreibt das Rauschen an der Zwischenstation EP Nummer  $k$ . Die Anzahl der Zwischenstationen EP ist mit  $K$  bezeichnet, so dass der Index  $k$  von 0 bis  $K-1$  läuft. Die

Rauschleistung wird mit  $\sigma_{1k}^2$  bezeichnet. Der Index 1 weist auf den ersten Hop (Sprung) des Two Hop Systems hin. Äquiva-

25

lent hierzu ist mit  $H_{2k}$  der Übertragungsfaktor von der Zwischenstation EP Nummer  $k$  zu der empfangenden Funkstation bezeichnet. Das Signal  $n_2$  beschreibt das Rauschen an der empfangenden Funkstation. Die Rauschleistung wird mit  $\sigma_2^2$  bezeichnet. Der Index 2 weist auf den zweiten Hop (Sprung) des

30

Two Hop Systems hin. Die komplexen Faktoren  $A_k$  beschreiben eine jeweilige Gewichtung in der Zwischenstation EP Nummer  $k$ .



Aus dieser Nomenklatur und der Randbedingung der Sendeleistungsbegrenzung auf 1 folgen für die komplexen Faktoren  $A_k$  folgende Grenzen  $0 \leq |A_k|^2 \leq 1/(|H_{1k}|^2 + \sigma_{1k}^2)$ .

5

### 2.2.1 Ohne Kenntnisse der Kanalphasen

In einem ersten Beispiel wird ein System mit Zwischenstationen EP ohne Kenntnisse der Kanalphasen des Sendekanals für die Weiterleitung angenommen.

10

Da die Kanalphasen der  $H_{2k}$  in den Zwischenstationen EP nicht bekannt sind, kann nicht immer eine konstruktive Überlagerung der Signale am Ort der empfangenden Funkstation erzielt werden. Die Empfangssignale überlagern sich vielmehr mit einer zufälligen Phase, wodurch sich im Mittel lediglich die Leistungen des Empfangssignale addieren. Das Signal-zu-Rausch-Verhältnis am Empfänger errechnet sich damit zu

15

$$SNR_{SFN} = \frac{\sum_{k=0}^{K-1} |H_{1k}|^2 |H_{2k}|^2 |A_k|^2}{\sigma_2^2 + \sum_{k=0}^{K-1} \sigma_{1k}^2 |H_{2k}|^2 |A_k|^2}$$

20

Die Zielfunktion ( $SNR_{SFN}$ ) ist nun unter Variation der  $|A_k|^2$  zu maximieren. Dabei ist zu beachten, dass die Parameter  $|A_k|^2$  begrenzt sind. Die Optimierung ist demnach nur in dem durch die Begrenzung der  $|A_k|^2$  gegebenen Gültigkeitsbereich durchzuführen.

25

### 2.2.1.1 Mit Kanalparameter- und Empfangswert-Signalisierung (MIMO Forwarding gemäß erstem Ansatz)

Eine Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  am Ort des Empfängers kann bei einer Signalisierung von Kanalparametern und Empfangswerten unter Berücksichtigung aller Systemparameter vorteilhaft erzielt werden.

### 2.2.1.2 Mit Kanalparameter-Signalisierung (Adaptive SFN Forwarding gemäß zweitem Ansatz)

Die Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  am Ort des Empfängers kann bei einer Signalisierung von Kanalparametern unter Berücksichtigung dieser Systemparameter durchgeführt werden.

Zur Maximierung ist eine Voruntersuchung des Verhaltens der Zielfunktion hilfreich. Dabei ist festzustellen, dass die "Höhenlinien" der Zielfunktion "Geraden" der Dimension  $K-1$  bzw. Hyperebenen der Dimension  $K-1$  im  $\mathbb{R}^K$  sind. Dies bedeutet, dass keine "Höhenlinie" eine Punkt-Charakteristik aufweist. Hierdurch kann die Funktion innerhalb des Gültigkeitsbereiches kein globales Maximum oder Minimum aufweisen. Die Funktion wird auf dem Rand des Gültigkeitsbereiches maximal.

Da der Gültigkeitsbereich durch Hyperebenen im  $\mathbb{R}^K$  begrenzt ist, ist das Maximum der Zielfunktion in einer Ecke (Vertex) des Gültigkeitsbereiches zu finden. In bestimmten Fällen kann die Höhenlinien-Hyperebene, die zu dem maximalen  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  gehört, auf einer begrenzenden Hyperebenen liegen. Da jeder Punkt und damit auch jede Ecke den gleichen Wert auf einer Höhenlinien hat, kann in diesem Fall eine beliebige Ecke ausgewählt werden.

FIG 5 ist ein Beispiel für eine Zielfunktion, das  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$ , für zwei Zwischenstationen in Abhängigkeit von den Parametern  $|A_k|^2$  dargestellt. Die Kanalübertragungsfaktoren wurden in diesem Beispiel zufällig gewählt. Aus FIG 5 ist erkennbar, dass die Höhenlinien Geraden sind, und dass die Zielfunktion in einer Ecke des Gültigkeitsbereiches maximal wird.

Diese Analyse zeigt, dass das optimale  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  immer in einer Ecke des Gültigkeitsbereiches erreicht wird. Eine Ecke beschreibt einen Parametersatz  $|A_k|^2$ , bei dem eine oder mehrere Zwischenstationen EP mit maximaler Leistung senden ( $|A_k|^2 = 1/(|H_{1k}|^2 + \sigma_{1k}^2)$ ), weitere Zwischenstationen EP jedoch keine Weiterleitung durchführen ( $|A_k|^2 = 0$ ). Keine der Zwischenstationen sendet mit einer Leistung zwischen Null und dem Maximalwert ( $0 < |A_k|^2 < 1/(|H_{1k}|^2 + \sigma_{1k}^2)$ ). Die Maximierung des  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  wird somit durch eine geeignete Auswahl von Zwischenstationen EP, die mit maximaler Leistung senden, erzielt.

Diese Auswahl aktiver Zwischenstationen kann beispielsweise mit Hilfe eines Auswahlkriteriums erreicht werden. Sind  $L+1$  Zwischenstationen ausgewählt und senden mit maximaler Leistung, so kann eine Vorschrift definieren werden, die beschreibt, unter welchen Voraussetzungen eine Zwischenstation abzuschalten ist, um das  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  zu erhöhen. Die Zwischenstation Nummer  $L$  soll beispielsweise genau dann abgeschaltet werden, wenn dadurch das  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  erhöht oder unverändert bleibt. Beschreibt  $\text{SNR}_{\text{SFN } L}$  das Signal-zu-Rausch-Verhältnis, wenn alle Zwischenstationen (Nummer 0 bis Nummer  $L$ ) senden, und  $\text{SNR}_{\text{SFN } L-1}$  das Signal-zu-Rausch-Verhältnis, wenn nur noch

11

die Zwischenstationen von Nummer 0 bis Nummer L-1 senden, lässt sich diese Bedingung wie folgt formulieren:

$$\begin{aligned}
 SNR_{SFN_L} &\leq SNR_{SFN_{L-1}} \\
 \Leftrightarrow \frac{\sum_{k=0}^L |H_{1k}|^2 |H_{2k}|^2 |A_k|^2}{\sigma_2^2 + \sum_{k=0}^L \sigma_{1k}^2 |H_{2k}|^2 |A_k|^2} &\leq \frac{\sum_{k=0}^{L-1} |H_{1k}|^2 |H_{2k}|^2 |A_k|^2}{\sigma_2^2 + \sum_{k=0}^{L-1} \sigma_{1k}^2 |H_{2k}|^2 |A_k|^2} \\
 \Leftrightarrow SNR_{SFN_L} &\geq SNR_{1L} = \frac{|H_{1L}|^2}{\sigma_{1L}^2}
 \end{aligned}$$

5

Hierbei zeigt sich, dass Zwischenstation Nummer L in den Fällen abzuschalten ist, wenn ihr Empfangs-Signal-zu-Rausch-Verhältnis  $SNR_{1L}$  kleiner ist als das bisherige Signal-zu-Rausch-Verhältnis ( $SNR_{SFN_L}$ ) an der empfangenden Funkstation.

10

Basierend auf dieser Erkenntnis kann ein Algorithmus mit den folgenden Schritten formuliert werden:

1. Ermittle das  $SNR_{SFN}$  für den Fall, dass alle K Zwischenstationen EP mit maximaler Sendeleistung weiterleiten;
- 15 2. Vergleiche das ermittelte  $SNR_{SFN}$  mit den Zwischenstations-Empfangs-Signal-zu-Rausch-Verhältnissen  $SNR_{1k}$  und Deaktiviere alle Zwischenstationen EP mit  $SNR_{1k} \leq SNR_{SFN}$ ;
3. Beende die Routine wenn keine weitere Zwischenstation EP deaktiviert wurde;
- 20 4. Ermittle das resultierende  $SNR_{SFN}$  und gehe zu Schritt 2.

Da in jedem Durchlauf der Schritte das  $SNR_{SFN}$  erhöht wird, bleiben die Entscheidungen vorheriger Durchläufe gültig, so dass sie nicht erneut überprüft oder korrigiert werden müs-

12

sen. Dies zeigt das konvergente Verhalten des Algorithmus, der nach mindestens K Durchläufen ein optimales Ergebnis errechnet hat und dann abbricht.

- 5 Ähnlich dem beschriebenen Deaktivierungskriterium kann in gleicher Weise auch ein Aktivierungskriterium definiert werden. In diesem Fall wird eine neue Zwischenstation Nummer  $L+1$  aktiviert, wenn ihr Empfangs-Signal-zu-Rausch-Verhältnis ( $SNR_{1L+1}$ ) größer ist als das bisherige Signal-zu-Rausch-Verhältnis ( $SNR_{SFN L}$ ) am Ort der empfangenden Funkstation, welches sich aus den bisher aktiven Zwischenstationen Nummer 0 bis  $L$  ergeben hat.

15 Die beschriebenen Analysen können separat für jeden OFDM-Subträger durchgeführt werden. Um die vorangehende Nomenklatur auf Subträger zu erweitern, müssen lediglich die System- und Kanal-Parameter subträgerweise beschrieben werden.

20 Aus diesen Kriterien ist folgendes Signalisierungskonzept ableitbar:

1. Die empfangende Funkstation signalisiert beispielsweise periodisch das ermittelte Empfangs-Signal-zu-Rausch-Verhältnis  $SNR_{SFN}(f)$  für jeden OFDM-Subträger  $f$  zu allen Zwischenstationen EP,
- 25 2. Jede Zwischenstation EP vergleicht subträgerweise das signalisierte Signal-zu-Rausch-Verhältnis  $SNR_{SFN}(f)$  mit dem eigenen ermittelten Empfangs-Signal-zu-Rausch-Verhältnis  $SNR_{1k}(f)$ , wobei
  - 30 a. bei  $SNR_{1k}(f) \leq SNR_{SFN}(f)$  die Zwischenstation EP Nummer  $k$  kein Signal auf dem Subträger  $f$  sendet, und

13

b. bei  $\text{SNR}_{1k}(f) > \text{SNR}_{\text{SFN}}(f)$  die Zwischenstation EP

Nummer  $k$  mit maximaler Leistung  $|A_k(f)|^2 \leq$

$1/(|H_{1k}(f)|^2 + \sigma_{1k}^2(f))$  auf diesem Subträger  $f$  sendet.

5

2.2.1.3 Ohne Signalisierung (Blind SFN Forwarding gemäß drittem Ansatz)

Eine Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses am Ort des Empfängers ( $\text{SNR}_{\text{SFN}}$ ) kann ohne Signalisierung nur unter

10 Berücksichtigung von lokal bekannten Systemparametern durchgeführt werden.

2.2.2 Mit Kenntnis der Phase des Kanals

15 In einem zweiten Beispiel wird ein System mit Zwischenstationen EP mit einer Kenntnis der Kanalphasen des Sendekanals für die Weiterleitung angenommen.

Da die Phasen der  $H_{2k}$  in den Zwischenstationen EP nicht be-

20 kann sind, kann nicht immer eine vorteilhafte konstruktive Überlagerung der Signale am Empfänger erzielt werden. Die Empfangssignale überlagern sich mit zufälliger Phase, wodurch sich im Mittel lediglich die Leistungen der Empfangssignale addieren. Das Signal-zu-Rausch-Verhältnis am Ort der empfan-

25 genden Funkstation errechnet sich damit zu:

$$\text{SNR}_{\text{SFN}} = \frac{\left( \sum_{k=0}^{K-1} |H_{1k}| |H_{2k}| |A_k| \right)^2}{\sigma_2^2 + \sum_{k=0}^{K-1} \sigma_{1k}^2 |H_{2k}|^2 |A_k|^2} .$$

Diese Zielfunktion  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  ist nun unter Variation der  $|A_k|^2$  zu maximieren. Dabei ist zu beachten, dass die Parameter  $|A_k|^2$  begrenzt sind. Die Optimierung ist demnach nur in einem durch die Begrenzung der  $|A_k|^2$  gegebenen Gültigkeitsbereich durchzuführen.

#### 2.2.2.1 Mit Kanalparameter- und Empfangswert-Signalisierung (MIMO Forwarding gemäß erstem Ansatz)

Eine Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses am Ort der empfangenden Funkstation  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  kann bei einer Signalisierung vorteilhaft unter Berücksichtigung aller Systemparameter durchgeführt werden.

#### 2.2.2.2 Mit Kanalparameter-Signalisierung (Adap. SFN Forwarding gemäß zweitem Ansatz)

Eine Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses am Ort der empfangenden Funkstation  $\text{SNR}_{\text{SFN}}$  kann bei dieser Signalisierung vorteilhaft unter Berücksichtigung der Kanalparameter durchgeführt werden.

Zur Maximierung ist erneut eine Voruntersuchung des Verhaltens der Zielfunktion hilfreich. Dabei wird festgestellt, dass die Höhenlinien der Zielfunktion Hyperbeln der Dimension  $K-1$  bzw. Hyperboloids der Dimension  $K-1$  im  $\mathbb{R}^K$  sind. Dies bedeutet, dass keine Höhenlinie eine Punkt-Charakteristik aufweist, und die Funktion somit innerhalb des Gültigkeitsbereiches kein globales Maximum oder Minimum aufweist. Die Funktion wird auf dem Rand des Gültigkeitsbereiches maximal. Mittels der Hauptachsentheorie kann zudem gezeigt werden, dass alle Hyperbeln dieselben Hauptachsen haben.

15

FIG 6 zeigt ein Beispiel für eine Zielfunktion, die das Signal-zu-Rausch-Verhältnis  $SNR_{SFN}$  für zwei Zwischenstationen EP in Abhängigkeit von den Parametern  $|A_k|^2$  darstellt. Die Kanalübertragungsfaktoren wurden in diesem Beispiel zufällig gewählt. Es ist dabei erkennbar, dass die Höhenlinien Hyperbeln sind, und dass die Zielfunktion auf dem Rand des Gültigkeitsbereiches maximal wird. Im dem unteren Bild der FIG 6 ist neben den Höhenlinien der Gültigkeitsbereich und die gemeinsame Hauptachse der Hyperbeln dargestellt.

10

Eine Analyse zeigt, dass die Zielfunktion  $SNR_{SFN}$  auf dem Rand des Gültigkeitsbereiches maximal wird. Die Ränder des Gültigkeitsbereiches sind dabei durch Hyperebenen definiert. In einem ersten Schritt wird die begrenzende Hyperebene gesucht, auf der das Optimum zu finden ist. Wie aus der FIG 6 deutlich wird, ist es die Hyperebene, die von der Hauptachse als "erstes" geschnitten wird, d.h. der Schnittpunkt zwischen Hauptachse und Hyperebene liegt am dichtesten am Koordinatenursprung. Wie mit Hilfe der Hauptachsentheorie gezeigt werden kann, liegt ein Parametersatz mit  $|A_k| = \lambda \sigma_2 |H_{1k}| / (\sigma_{1k}^2 |H_{2k}|)$  auf der Hauptachse und ein Skalar  $\lambda$  beschreibt die Länge eines beliebig gewählten Vektors. Nun wird ein  $\lambda_k$  so gewählt, dass der Wichtungsfaktor  $|A_k|$  maximal wird. Hieraus folgt:

25

$$\lambda_k = \sqrt{\frac{SNR_{2k}}{SNR_{1k}} \cdot \frac{1}{SNR_{1k} + 1}}$$

Die Hyperebene, die als erstes von der Hauptachse geschnitten wird, ist durch den kürzesten Vektor und damit durch den

30 kleinsten Wert  $\lambda_k$  gekennzeichnet  $\min_k(\lambda_k)$ .



Es wird im folgenden als sinnvoll erachtet, die Nummerierung der Zwischenstationen EP entsprechend der Größe des Wertes  $\lambda_k$  zu sortieren, so dass die Zwischenstation EP mit der Nummer  
 5  $k=0$  den kleinsten Wert  $\lambda_k$  aufweist, und sich die Reihenfolge  $\lambda_k \leq \lambda_{k+1}$  ergibt.

Durch diese Sortierung folgt  $\lambda_0 = \min_k(\lambda_k)$ , wodurch die Hyperebene, auf der das Maximum liegt, durch  $|A_0|^2 = 1/(|H_{10}|^2 + \sigma_{10}^2)$  definiert ist. Die Zwischenstation EP mit dem kleinsten Wert  $\lambda_k$  muss mit maximaler Sendeleistung senden, um das  $SNR_{SFN}$  zu maximieren. Sollten mehrere Zwischenstationen, beispielsweise  $N$ , einen gleichen minimalen Wert  $\lambda_0 = \lambda_k$  für  $k < N$  haben, so senden alle  $N$  Zwischenstationen mit einer maximalen  
 15 Leistung.

$$|A_k| = \frac{1}{\sqrt{|H_{1k}|^2 + \sigma_{1k}^2}} = \frac{1}{\sqrt{\sigma_{1k}^2 (SNR_{1k} + 1)}} \quad \text{für } 0 \leq k < N$$

Durch diese Weiterleitung der  $N$  Zwischenstationen mit maximaler Sendeleistung ergibt sich am Ort der empfangenden Funkstation ein Signal-zu-Rausch-Verhältnis von:  
 20

$$SNR_N = \frac{\left( \sum_{k=0}^{N-1} \sqrt{\frac{|H_{1k}|^2 |H_{2k}|^2}{|H_{1k}|^2 + \sigma_{1k}^2}} \right)^2}{\sigma_2^2 + \sum_{k=0}^{N-1} \frac{\sigma_{1k}^2 |H_{2k}|^2}{|H_{1k}|^2 + \sigma_{1k}^2}} = \frac{\left( \sum_{k=0}^{N-1} \sqrt{\frac{SNR_{1k} SNR_{2k}}{SNR_{1k} + 1}} \right)^2}{1 + \sum_{k=0}^{N-1} \frac{SNR_{2k}}{SNR_{1k} + 1}} = \frac{\left( \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k SNR_{1k} \right)^2}{1 + \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k^2 SNR_{1k}}$$

17

Durch die Fixierung der Sendeleistung der N Zwischenstationen wird eine Kante des Gültigkeitsbereiches, eine Hyperebene der Dimension K-N, definiert. Im folgenden Schritt wird auf dieser Hyperebene das Maximum der Zielfunktion ermittelt. Dabei ist festzustellen, dass die Höhenlinien der Zielfunktion auf dieser Hyperebene im allgemeinen Ellipsoiden sind und genau eine Höhenlinie zu einem Punkt entarten. Die Hauptachsen-  
 5 theorie zeigt, dass dieser Punkt durch den folgenden Parametersatz definiert ist:

10

$$|A_k| = \frac{\sigma_2 |H_{1k}|}{\sigma_{1k}^2 |H_{2k}|} \cdot \Lambda_N = \sqrt{\frac{SNR_{1k}}{\sigma_{1k}^2 SNR_{2k}}} \cdot \Lambda_N \quad \text{für } N \leq k < K$$

$$\Lambda_N = \frac{1 + \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k^2 SNR_{1k}}{\sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k SNR_{1k}}$$

- 15 Im einem letzten Schritt wird geprüft, ob das Ergebnis im Gültigkeitsbereich liegt. Durch die vorgenommene Neusortierung wird hierzu lediglich das errechnete  $|A_k|^2$  für k=N mit der zulässigen Maximalleistung verglichen. Ähnlich wie oben kann gezeigt werden, dass auch diese Zwischenstation mit der  
 20 Nummer k=N mit maximaler Leistung senden muss, um das Optimum zu erreichen, falls durch die errechnete Lösung die Maximalleistung überschritten wird. Die Maximalleistung wird für den Fall überschritten, dass  $\lambda_k < \Lambda_N$  ist. Auf der damit neu definierten Hyperebene der Dimension K-N-1 ist wie vorangehend  
 25 beschrieben fortzufahren.

Senden die Zwischenstationen entsprechend dem Ergebnis dieser Rechnung, wird das maximale  $SNR_{SFN}$  am Ort der empfangenden

Funkstation erzielt. Dabei hat das maximale  $SNR_{SFN}$  folgenden Betrag:

$$SNR_{SFN} = SNR_N + \sum_{k=N}^{K-1} SNR_{1k}$$

5

Basierend auf dieser Ableitung kann ein Algorithmus mit den folgenden Schritten formuliert werden:

1. Berechne

$$10 \quad \lambda_k = \sqrt{\frac{SNR_{2k}}{SNR_{1k}} \cdot \frac{1}{SNR_{1k} + 1}} \quad \text{für alle } 0 \leq k < K$$

und sortiere die Indizes  $k$  entsprechend Reihenfolge  $\lambda_k \leq$

$\lambda_{k+1}$  um;

2. Setze  $N = 1$ ;

a. Berechne

$$15 \quad \Lambda_N = \frac{1 + \sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k^2 SNR_{1k}}{\sum_{k=0}^{N-1} \lambda_k SNR_{1k}} ;$$

3. Falls  $\lambda_{k=N} \leq \Lambda_N$ , setze  $N = N + 1$  und gehe zu Schritt 3;

a. Berechne die Faktoren

$$|A_k| = \frac{1}{\sqrt{\sigma_{1k}^2 (SNR_{1k} + 1)}} \quad \text{für } 0 \leq k < N, \text{ bzw.}$$

20

$$|A_k| = \sqrt{\frac{SNR_{1k}}{\sigma_{1k}^2 SNR_{2k}}} \cdot \Lambda_N \quad \text{für } N \leq k < K.$$

Die Iteration bricht spätestens ab, wenn alle Zwischenstationen EP ausgewählt wurden.

Während der Iteration weist der Wert  $\Lambda_N$  ein Verhalten auf,  
 das es erlaubt, den Vergleich für jede Zwischenstation EP  
 einzeln durchzuführen. Es muss dabei nicht darauf geachtet  
 5 werden, ob mehrere Zwischenstationen EP gleiche  $\lambda_k$  aufweisen.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass für eine ausgewählte  
 Zwischenstation EP  $k \leq N$  auch nach Abschluss der Iteration  $\lambda_k$   
 $\leq \Lambda_N$  gilt. Aus dieser Eigenschaft und dem obigen Algorithmus  
 10 kann folgendes Signalisierungskonzept abgeleitet werden:

1. Alle Zwischenstationen EP übermitteln beispielsweise pe-  
 riodisch das  $SNR_{1k}$  zu der empfangenden Funkstation;
2. bei diesen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ermittelt die  
 15 empfangende Funkstation die  $SNR_{2k}$  durch entsprechende Messun-  
 gen;
3. in der empfangenden Funkstation wird über den oben be-  
 schriebenen Algorithmus das endgültige  $\Lambda_N$  berechnet;
4. die empfangende Funkstation sendet beispielsweise perio-  
 20 disch das errechnete  $\Lambda_N$  an alle Zwischenstationen EP;
5. bei diesem Broadcast ermittelt jede Zwischenstation EP  
 individuell das  $SNR_{2k}$  durch entsprechende Messungen;
6. jede Zwischenstation EP errechnet individuell

$$\text{a. den Wert } |A_k| = \sqrt{\frac{SNR_{1k}}{\sigma_{1k}^2 SNR_{2k}}} \cdot \Lambda_N ;$$

- 25      b. sollte das Ergebnis die maximale Sendeleistung der  
         Zwischenstation überschreiten, wird es auf diesen  
         Maximalwert begrenzt

$$|A_k| = \frac{1}{\sqrt{\sigma_{1k}^2 (SNR_{1k} + 1)}}$$

und in Zukunft  $SNR_{1k}$  zu der empfangenden Funkstation gesendet, ansonsten braucht das  $SNR_{1k}$  nicht zu der empfangenden Funkstation übermittelt werden;

- 5 7. die Zwischenstationen EP beginnen mit der Weiterleitung der von der sendenden Funkstation empfangenen Daten;
8. sollte eine neue Zwischenstation EP hinzukommen
  - a. errechnet sie ebenfalls individuell den Wert

$$|A_k| = \sqrt{\frac{SNR_{1k}}{\sigma_{1k}^2 SNR_{2k}}} \cdot \Lambda_N$$

- 10 b. sollte das Ergebnis ihre maximale Sendeleistung überschreiten, wird es auf diesen Maximalwert begrenzt

$$|A_k| = \frac{1}{\sqrt{\sigma_{1k}^2 (SNR_{1k} + 1)}}$$

- 15 und in Zukunft  $SNR_{1k}$  zu der empfangenden Funkstation gesendet, ansonsten braucht das  $SNR_{1k}$  nicht zu der empfangenden Funkstation übermittelt werden.

#### 2.2.2.3 Ohne Signalisierung (Blind SFN Forwarding gemäß drittem Ansatz)

- 20 Die Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnis am Ort der empfangenden Funkstation  $SNR_{SFN}$  kann ohne eine Signalisierung nur unter Berücksichtigung der lokal bekannten Systemparameter durchgeführt werden.

#### 25 2.3 Three Hop SFN (Drei-Sprung-Gleichwellennetzwerk)

In der FIG 7 ist ein so genanntes Three Hop SFN System mit Zwischenstationen EP dargestellt. Dabei erfolgt die Daten-

Übertragung von einer sendenden Funkstation AP über drei Sprünge, beispielsweise unter Einbeziehung von zwei Zwischenstationen EP für jeden Pfad, zu einer empfangenden Funkstation RM.

5

### 2.3.1 Mit Kenntnis der Kanalphasen

#### 2.3.1.1 Mit Kanalparameter- und Empfangswert-Signalisierung (MIMO Forwarding gemäß erstem Ansatz)

10 Die Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses am Ort der empfangenden Funkstation  $SNR_{SFN}$  kann bei einer Signalisierung unter Berücksichtigung aller Systemparameter durchgeführt werden.

#### 15 2.3.1.2 Mit Kanalparameter Signalisierung (Adaptive SFN Forwarding gemäß zweitem Ansatz)

Eine Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses am Ort der empfangenden Funkstation  $SNR_{SFN}$  kann bei einer Signalisierung unter Berücksichtigung aller Systemparameter durchgeführt werden.

20

#### 2.3.1.3 Ohne Signalisierung (Blind SFN Forwarding gemäß drittem Ansatz)

Eine Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses am Ort der empfangenden Funkstation  $SNR_{SFN}$  kann ohne eine Signalisierung nur unter Berücksichtigung der lokal bekannten Systemparameter durchgeführt werden.

25

30 Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung kooperieren mehrere einzelne Funkstationen und/oder Zwischenstationen EP und bilden eine verteilte, so genannte intelligente Antenne (Smart Antenna). Die einzelnen Antennenelemente sind dabei die typischerweise omni-direktionalen Antennen der Funkstationen bzw. Zwischenstationen EP. Werden in einem Adhoc-Netz mehrere

Gruppen (Cluster) von Antennen zu verteilten Antennen zusammengefasst, können über diese vorteilhaft so genannte MIMO-Kanäle (Multiple Input Multiple Output) gebildet werden, um beispielsweise ein räumliches Multiplexen zu erzielen. MIMO-Kanäle, beispielsweise entsprechend dem bekannten BLAST Prinzip, ermöglichen eine sehr hohe spektrale Effizienz in Bit/s/Hz.

Die erfindungsgemäße Clusterung von Antennen ermöglicht in Adhoc-Netzen die Einführung von Hierarchieebenen. Zur Übertragung über große Entfernungen werden beispielsweise die leistungsfähigen MIMO Kanäle verwendet, während kürzere Entfernungen mit der bekannten Multihop-Übertragung über mehrere Zwischenstationen überbrückt werden. Hierdurch sind skalierbare Adhoc-Netze auch für den Fall einer nicht lokal begrenzten Übertragung realisierbar.

Derartige MIMO-Antennen erfordern je nach Algorithmus eine Kopplung der einzelnen Antennen bzw. Antennenelemente, welches einer zusätzlichen Signalisierung, beispielsweise zum Austausch von Kanalschätzungen, bedarf. Das verteilte Konzept besitzt den Vorteil, dass die Funk- bzw. Zwischenstationen ohne aufwändige und große Antennen mit zugehörigen HF-Frontends auskommen, und dennoch eine sehr hohe spektrale Effizienz für die verteilten MIMO Antennen ermöglicht wird.

MIMO Ansätze erfordern weiterhin typischerweise, dass die Funkkanäle zwischen den einzelnen Antennenelementen unkorreliert sind. Je nach Umgebung sollten die Antennenelemente daher einen Abstand von mehreren Wellenlängen der verwendeten Übertragungsfrequenz aufweisen. Für verteilte Antennen ist diese Anforderung besonders leicht zu erfüllen. Prinzipiell können mit verteilten Antennen alle bekannten Smart Antenne Konzepte realisiert werden, wie beispielsweise SDMA (Space

Division Multiple Access) oder steuerbare Antennen mit Interferenzreduktion.

Die nachfolgende Beschreibung erläutert eine weitere mögliche  
5 Kooperation zwischen mehreren Funk- bzw. Zwischenstationen in  
einem SFN (Single Frequency Network). In SFNs ist ein spezielles Multihop Verfahren, bei dem mehrere Zwischenstationen gleichzeitig Daten an eine weit entfernte empfangende Funkstation RM (Remote Mobile Terminal) übertragen, einsetzbar.  
10 Durch einen vorangehend beschriebenen Informationsaustausch zwischen den Zwischenstationen EP und geeignet gewählte Gewichtungsfaktoren in den Zwischenstationen EP ist ein gegenüber üblichen SFN-Netzen zusätzlicher Gewinn möglich. Dieser liegt in der Größenordnung klassischer Maximum Ratio Combining Verfahren. Generell haben die erfindungsgemäßen Verfahren der verteilten Antennen den Vorteil, dass die Leistungsfähigkeit mit steigender Anzahl an Funk- bzw. Zwischenstationen zunimmt, d.h. die Verfahren passen sich selbständig an  
15 das normalerweise erhöhte Datenaufkommen im Falle vieler Stationen an.  
20

FIG 8 zeigt das erfindungsgemäße Clustern von jeweils mehreren Zwischenstationen MHN (Multihop Nodes) sowohl auf der Sende- transmit cluster als auch auf der Empfangsseite receive cluster, um jeweils eine verteilte MIMO-Antenne für ein  
25 räumliches Multiplexen (Spatial Multiplexing) zur Bildung eines MIMO-Kanal MIMO channel zu konfigurieren. Im Unterschied zu herkömmlichen MIMO-Antennen besteht dabei keine direkt verdrahtete Verbindung zwischen den einzelnen Antennenelementen des jeweiligen Clusters. Das räumliche Multiplexen kombiniert die Signale aller empfangenden Antennenelemente, um hieraus den resultierenden Datenstrom zu ermittelt. Dieses Konzept erfordert einen erfindungsgemäßen Austausch von Signalisierungsinformationen zwischen den verteilten Antennen  
30 bzw. Stationen, wie beispielsweise bezüglich jeweiliger Kanalschätzungen.  
35



FIG 9 zeigt weiterhin eine beispielhafte Anwendung eines verteilten Antennenkonzeptes in einem Adhoc-Netzwerk. In diesem Fall werden die MIMO-Kanäle MIMO channels zum Aufbau einer

5 Verbindung zwischen weit voneinander entfernten Einrichtungen des Adhoc-Netzwerkes verwendet. Geringe Entfernungen, die beispielsweise nur wenige Hops erfordern, werden mittels bekannter Multihop-Verbindungen local multihop links überbrückt, da hierdurch Frequenz- und Zeitressourcen räumlich

10 wieder verwendet werden können. Die Kreise in der FIG 9 geben jeweils beispielhaft ein Cluster von mehreren Zwischenstationen MHN (Multihop Node) bzw. empfangenden Funkstationen MN an, die jeweils entsprechend einer intelligenten Antenne agieren, und eine Übertragung zu einem weiter entfernten

15 Cluster ermöglichen. Vorteilhaft wird durch die Clusterung von weit voneinander entfernten Teilen des Adhoc-Netzwerkes eine höhere spektrale Effizienz erzielt, wodurch die Skalierbarkeit des gesamten Netzwerkes erleichtert wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Signalübertragung in einem Funk-Kommunikationssystem, bei dem  
5 Signale einer sendenden ersten Funkstation (AP) über zumindest zwei Zwischenstationen (EP) zu einer empfangenden zweiten Funkstation (RM, MN) übertragen werden, wobei zwischen den zumindest zwei Zwischenstationen (EP) eine Signalisierung zur Konfiguration der Aussendung zu der empfangenden zweiten  
10 Funkstation (RM, MN) durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem  
zwischen den zumindest zwei Zwischenstationen (EP) und der ersten (AP) und/oder der zweiten Funkstation (RM, MN) Kenngrößen signalisiert werden.  
15
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem  
in den Zwischenstationen (EP) Kenngrößen aus von der ersten (AP) und/oder zweiten Funkstation (RM, MN) empfangenen Signalen ermittelt werden.  
20
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem  
die Kenngrößen in den Zwischenstationen (EP) zur Bestimmung von Gewichtungsfaktoren verwendet werden.  
25
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem  
die Kenngrößen Informationen über Kanaleigenschaften beinhalten.
- 30 6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem  
eine Aktualisierung der Informationen über die Kanaleigenschaften nur bei Änderungen der Kanaleigenschaften durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, bei dem Antenneneinrichtungen der zumindest zwei Zwischenstationen (EP) entsprechend Antennenelementen einer intelligenten Antenne konfiguriert werden.

5

8. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, bei dem Antenneneinrichtungen einer Anzahl von Zwischenstationen (EP, MHN), die sich in dem Funkversorgungsbereich der sendenden ersten Funkstation (AP) befinden, und Antenneneinrichtungen einer Anzahl von weiteren Zwischenstationen (EP, MHN), die sich in dem Funkversorgungsbereich der empfangenden zweiten Funkstation (RM, MN) befinden, jeweils zu einer intelligenten Antenne gruppiert werden.

10

9. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, bei dem in den zumindest zwei Zwischenstationen (EP) Vorverzerrungs- oder Entzerrungsprozeduren für die Datenübertragung eingesetzt werden.

15

10. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, bei dem die Übertragung zwischen den Stationen gemäß einem Gleichwellen-Netz (SFN) durchgeführt wird.

20

1/4

FIG 1

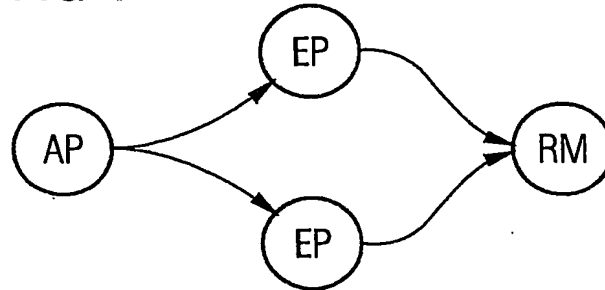


FIG 2

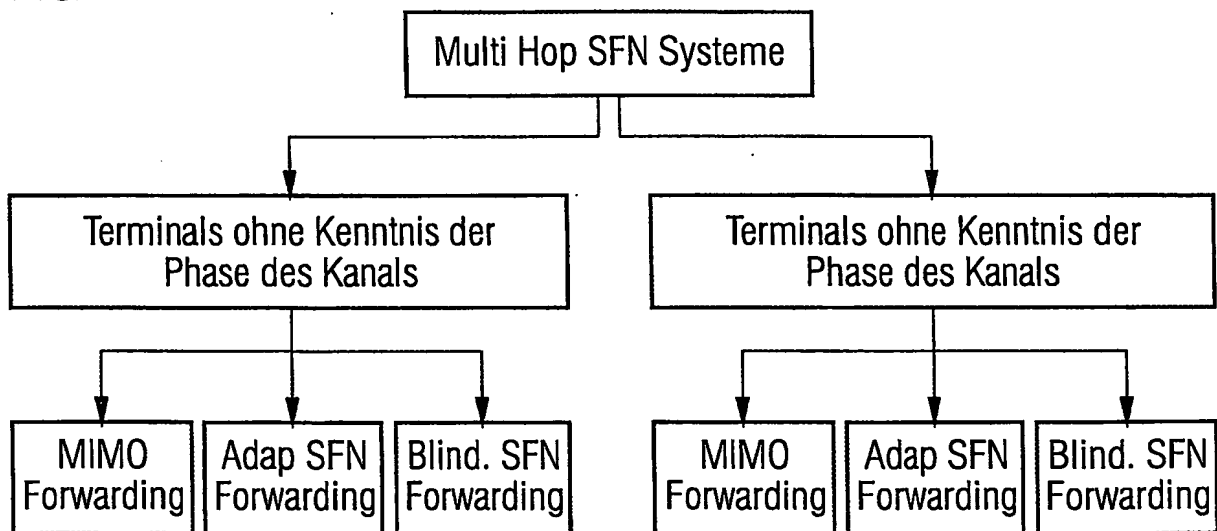


FIG 3

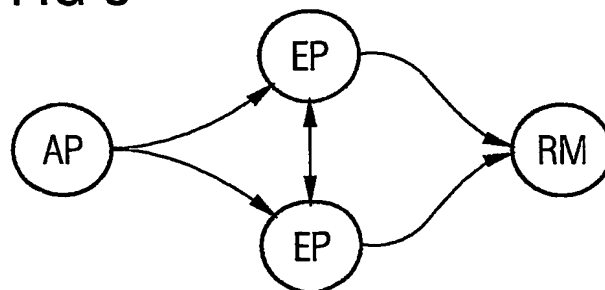


FIG 4

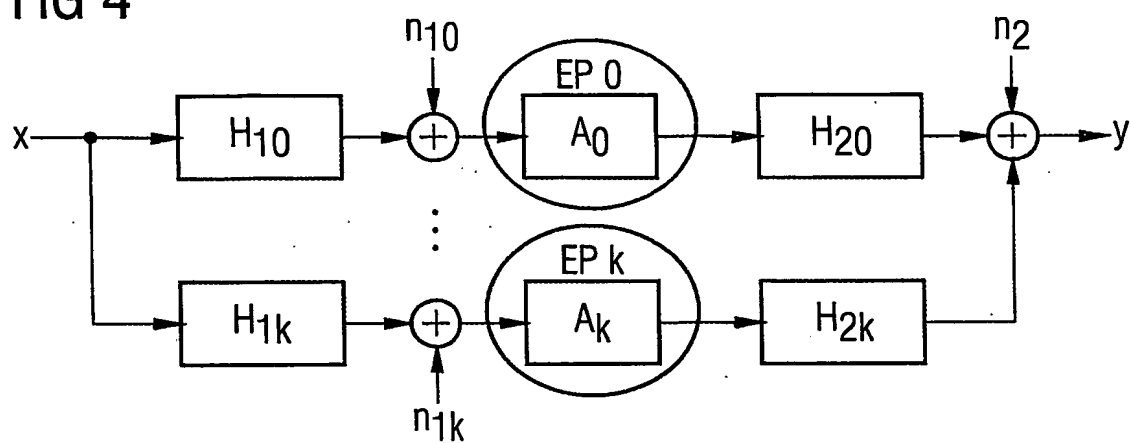
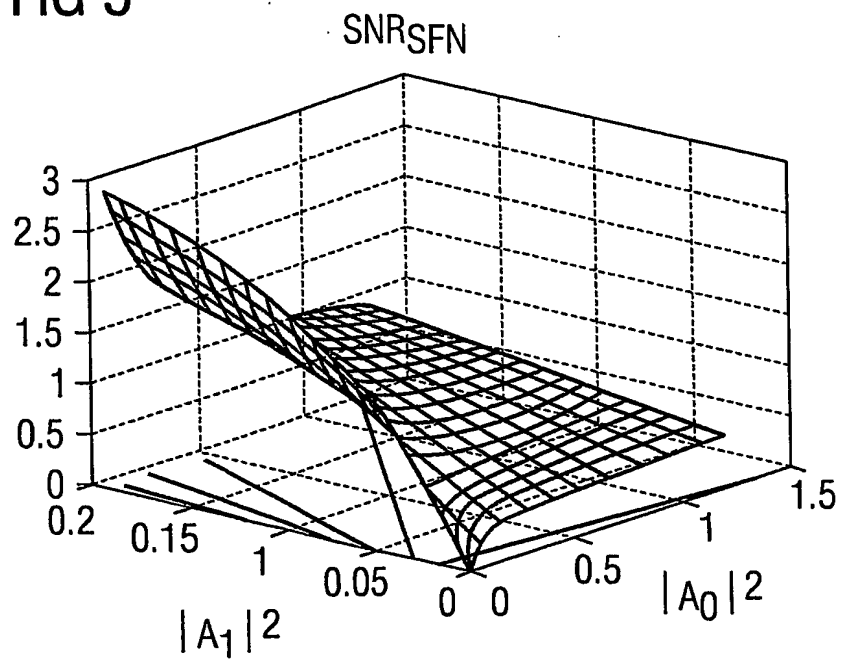


FIG 5



3/4

FIG 6

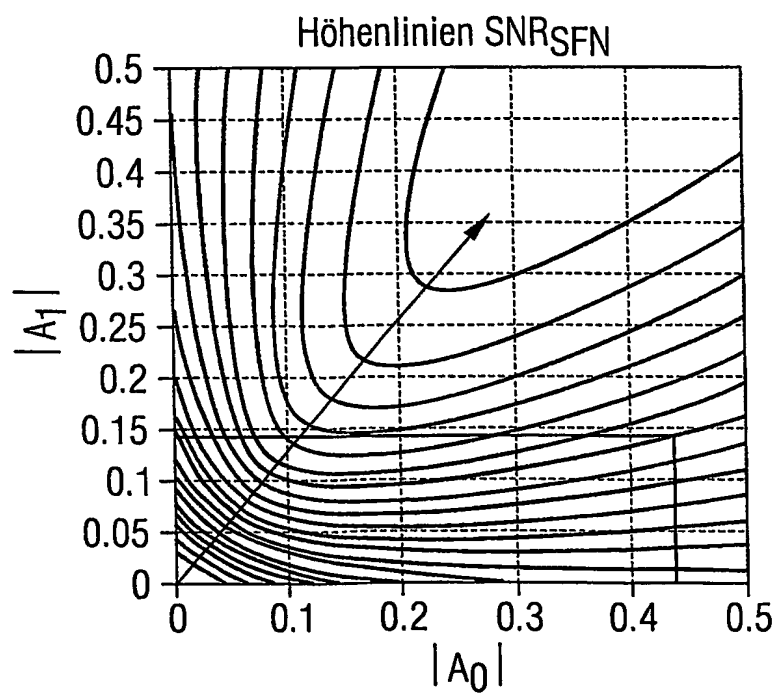
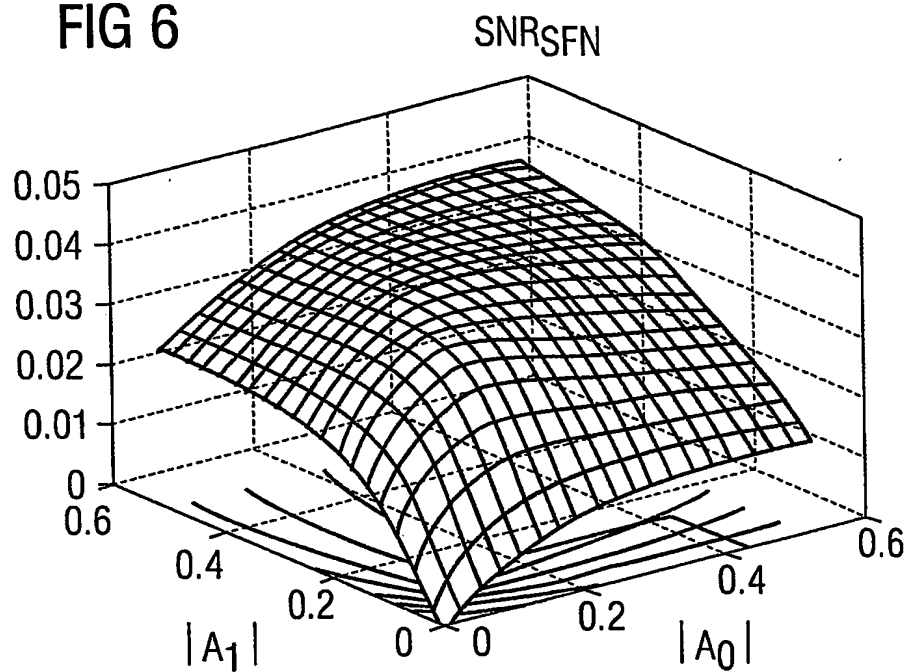


FIG 7

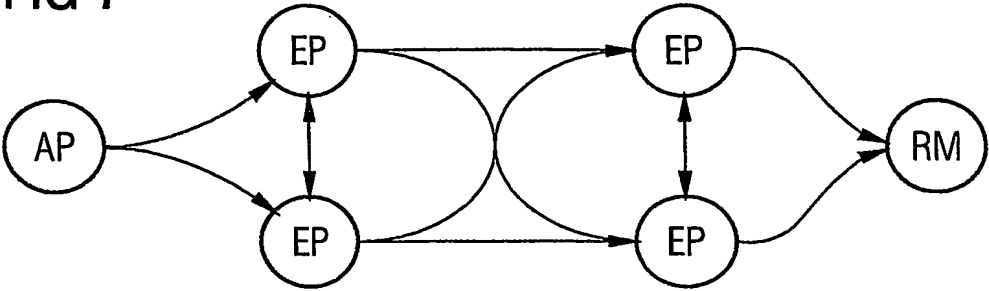


FIG 8

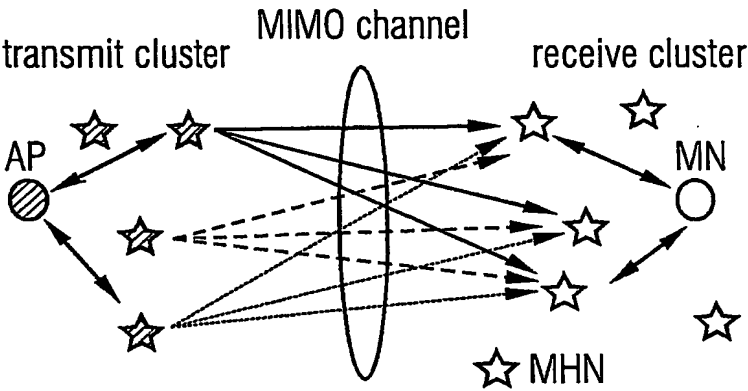
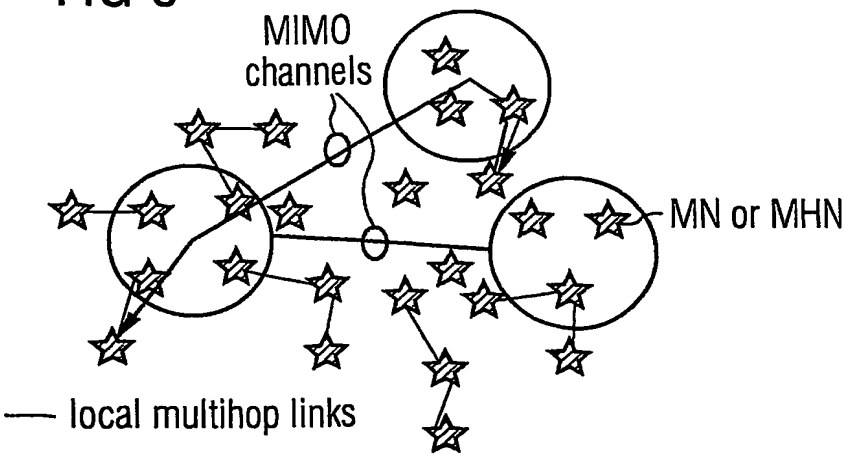


FIG 9



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. März 2004 (25.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/025873 A3**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04B 7/02**,  
H04L 12/56, 12/28, H04B 7/02, H04L 27/26

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/010063

(22) Internationales Anmeldedatum:  
10. September 2003 (10.09.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD,  
GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,  
MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(30) Angaben zur Priorität:  
102 41 959.0 10. September 2002 (10.09.2002) DE

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **ROHLING, Her-  
mann** [DE/DE]; Eissendorferstr. 40, 21073 Hamburg  
(DE). **LAMPE, Matthias** [DE/DE]; Eissendorfer Str.  
171, 21073 Hamburg (DE). **GIEBEL, Tobias** [DE/DE];  
Woellmerstr. 7, 21075 Hamburg (DE). **SCHULZ, Egon**  
[DE/DE]; Wittenberger Str. 3, 80993 München (DE).  
**ZIRWAS, Wolfgang** [DE/DE]; Mittenwalder Str. 136,  
82194 Gröbenzell (DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

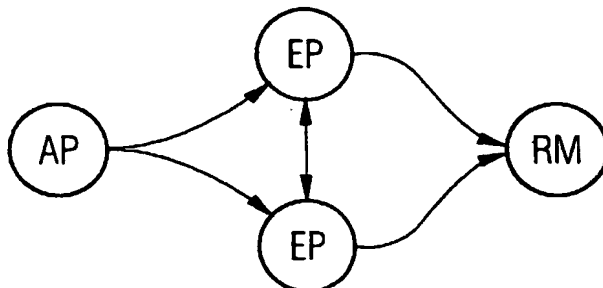
(88) Veröffentlichungsdatum des Internationalen

Recherchenberichts: 2. September 2004

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR TRANSMITTING SIGNALS IN A RADIO COMMUNICATION SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SIGNALÜBERTRAGUNG IN EINEM FUNK-KOMMUNIKATIONSSYSTEM



(57) Abstract: According to the invention, signals from a transmitting first radio station (AP) are transmitted to a receiving second radio station (RM, MN) via at least two intermediate stations (EP). Signalling of the configuration of the emission to the receiving second radio station (RM, MN) is carried out between the at least two intermediate stations (EP).

(57) Zusammenfassung: Gemäss der Erfindung werden Signale einer sendenden ersten Funkstation (AP) über zumindest zwei Zwischenstationen (EP) zu einer empfangenden zweiten Funkstation (RM, MN) übertragen, wobei zwischen den zumindest zwei Zwischenstationen (EP) eine Signalisierung zur Konfiguration der

Aussendung zu der empfangenden zweiten Funkstation (RM, MN) durchgeführt wird.

WO 2004/025873 A3





*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/10063

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04B7/02 H04L12/56 H04L12/28 H04B7/02 H04L27/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SRDJAN KRCO ET ALT: "Contribution to the 6th WRF meeting London UK" WRF WG4 AD-HOC NETWORKING -SUBGROUP, 17 June 2002 (2002-06-17), XP002285816 LONDON Retrieved from the Internet: URL:www.acticom.de/fileadmin/ data/publications/WRF6_White.pdf> 'retrieved on 2004-06-24! page 9 - page 12; figures 4,6	1-10
A	DE 199 14 797 A (SIEMENS AG) 26 October 2000 (2000-10-26) the whole document	1-10
A	DE 100 27 115 A (SIEMENS AG) 13 December 2001 (2001-12-13) the whole document	1-10
--/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 June 2004

Date of mailing of the international search report

06/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schneider, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/10063

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	<p>WO 03/003672 A (AGHVAMI ABDOL HAMID ; KING S COLLEGE LONDON (GB); DOHLER MISCHA (GB);) 9 January 2003 (2003-01-09) page 31, line 10 - page 32, line 20 page 38, line 10 - line 24 page 40, line 16 - line 30 page 46, line 9 - line 30 page 50, line 21 - page 51, line 2 page 58, line 6 - page 59, line 22 page 74, line 26 - page 75, line 26 -----</p>	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/10063

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19914797	A	26-10-2000	DE 19914797 A1	26-10-2000
			WO 0060822 A1	12-10-2000
			EP 1163772 A1	19-12-2001
DE 10027115	A	13-12-2001	DE 10027115 A1	13-12-2001
WO 03003672	A	09-01-2003	EP 1400062 A2	24-03-2004
			WO 03003672 A2	09-01-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/10063

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H04B7/02 H04L12/56 H04L12/28 H04B7/02 H04L27/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04L H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	SRDJAN KRCO ET ALT: "Contribution to the 6th WWRF meeting London UK" WWRF WG4 AD-HOC NETWORKING -SUBGROUP, 17. Juni 2002 (2002-06-17), XP002285816 LONDON Gefunden im Internet: URL:www.acticom.de/fileadmin/ data/publications/WWRF6_White.pdf> 'gefunden am 2004-06-24! Seite 9 - Seite 12; Abbildungen 4,6	1-10
A	DE 199 14 797 A (SIEMENS AG) 26. Oktober 2000 (2000-10-26) das ganze Dokument	1-10
A	DE 100 27 115 A (SIEMENS AG) 13. Dezember 2001 (2001-12-13) das ganze Dokument	1-10
-/--		



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

24. Juni 2004

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

06/07/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schneider, G

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/10063

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	<p>WO 03/003672 A (AGHVAMI ABDOL HAMID ; KING S COLLEGE LONDON (GB); DOHLER MISCHA (GB);) 9. Januar 2003 (2003-01-09) Seite 31, Zeile 10 - Seite 32, Zeile 20 Seite 38, Zeile 10 - Zeile 24 Seite 40, Zeile 16 - Zeile 30 Seite 46, Zeile 9 - Zeile 30 Seite 50, Zeile 21 - Seite 51, Zeile 2 Seite 58, Zeile 6 - Seite 59, Zeile 22 Seite 74, Zeile 26 - Seite 75, Zeile 26 -----</p>	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/10063

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19914797	A	26-10-2000	DE	19914797 A1	26-10-2000
			WO	0060822 A1	12-10-2000
			EP	1163772 A1	19-12-2001
DE 10027115	A	13-12-2001	DE	10027115 A1	13-12-2001
WO 03003672	A	09-01-2003	EP	1400062 A2	24-03-2004
			WO	03003672 A2	09-01-2003